

ловиях действующего предприятия при ремонтно-восстановительных работах. Нами предложен целый ряд конструкций насадок-сопел (защищенных авторскими свидетельствами). Некоторые из них изготовлены и апробированы в производственных условиях, что обеспечило значительный экономический эффект.

1. Лысенко В. А. Защитно-конструктивные полимеррастворы в строительстве. — К.: Будівельник, 1985. — 136 с.

Получено 19.01.2000

© Галушко В. А., 2000

УДК 624.953

Г. А. МОЛОДЧЕНКО, канд. техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ВОРОНКИ С ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМ СИЛОСОМ-ОБОЛОЧКОЙ

Рассматриваются усилия взаимодействия железобетонной цилиндрической оболочки со стальной конусной воронкой при их совместной деформации. В расчетах узла сопряжения учитываются сжимающие усилия в оболочке, изгибающий момент и перерезывающая сила.

Одним из определяющих факторов надежности цилиндрических силосов-оболочек является конструктивное решение узла сопряжения стальных воронок с монолитными железобетонными стенами. Особую актуальность этот вопрос приобретает при диаметрах силосов, превышающих 12 м, и высоте емкостной части 26-30 м. Опыт эксплуатации таких сооружений [1] позволил также установить проявление взаимного влияния двух факторов — концентрации напряжений в элементах узла крепления, обусловленной конструктивным решением сопряжения, и влияния общего изгиба сооружения.

Общий изгиб заблокированных силосов приводит к изменению круглой в плане формы силосов к эллипсной, что в случае сопряжения цилиндра оболочки с конусом воронки вызывает резкое перенапряжение в элементах узла сопряжения. Этот фактор в настоящей работе не рассматривается.

В монолитных железобетонных силосах (рис.1) по типовой серии 4-03-211 Харьковского "ПромстройНИИпроекта" стены возводят в скользящей опалубке непосредственно с кольцевого фундамента. В уровне сопряжения стены с воронкой предусматривается технологический перерыв бетонирования для установки закладных деталей и перестановки внутренней части опалубки.

Проектом предусмотрены два варианта узлов сопряжения (рис.2).

Первый из них (а) включает кольцевой усиливающий элемент толщиной δ_k и высотой h_k , второй (б) не содержит кольцевого элемента.

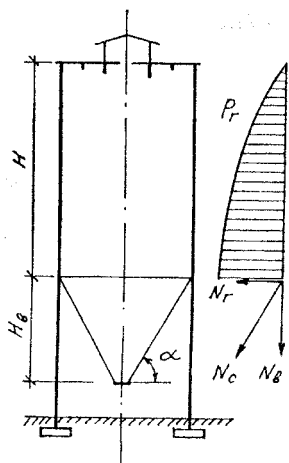


Рис. 1 – Вертикальный разрез силоса

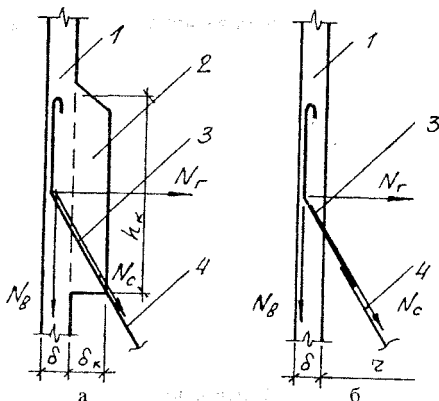


Рис. 2 – Узел сопряжения воронки со стеной силоса: 1 – стена; 2 – кольцевой элемент; 3 – закладная деталь; 4 – воронка, а – с кольцевым элементом; б – без кольцевого элемента

На стены силоса в пределах емкостной части и на воронку действуют горизонтальные P_r и вертикальные P_0 расчетные давления сыпучего материала. Они формируют распределенные по периметру усилия взаимодействия воронки со стеной: горизонтальные N_r , вертикальные N_0 и скатные N_c .

В соответствии с [2] расчетные давления определяют по формулам Янсена:

$$P_r = \frac{a^* \cdot \gamma_f}{m} \cdot \frac{\rho \cdot r}{2f} \left(1 - \exp \left(-\kappa f \frac{2y}{r} \right) \right);$$

$$P_0 = \frac{P_r}{\kappa},$$

где $\kappa = \lg^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$ – коэффициент бокового давления;

a^*, m, γ_f, f – коэффициенты соответственно увеличения давления, условий работы, надежности по нагрузке и трения по бетону для угля,

например, $\alpha^* = m = 1$; $\gamma_f = 1,3$; $f = 0,5$; ρ, φ – соответственно объемный вес и угол внутреннего трения сыпучего материала.

Расчетное скатное усилие растяжения равно

$$N_c = \frac{\pi r^2 P_e + G}{2\pi r \cos \alpha},$$

где $G = G_c + G_e$; $G_c = \gamma_f \rho \frac{\pi r^2 H_e}{3}$ – расчетный вес сыпучего материала в объеме воронки; G_e – расчетный собственный вес воронки.

Составляющие скатного усилия равны

$$\left. \begin{aligned} N_z &= N_c \sin \alpha \\ N_e &= N_c \cos \alpha \end{aligned} \right\}.$$

Распределенное по периметру расчетное сжимающее вертикальное усилие в стене определяют по формуле

$$N = N_{yc} + N_y, \quad (1)$$

где N_{yc} – собственный вес стен и надстройки и нагрузок на них выше уровня сопряжения воронки к емкости; $N_y = \frac{r}{2} (\gamma_f \rho y - P_e)$ – усилие, вызываемое трением сыпучего материала о стену силоса [2].

Далее рассмотрим соответствующие внутренние усилия в оболочке, учитывая совместную работу стены силоса и кольцевого усиливающего элемента. Принимаем, что горизонтальное давление P_z в уровне сопряжения воронки со стеной максимальное, равномерно распределенное по периметру и на части высоты в зоне краевого эффекта ($l \geq \pi / r$) и равно $P_{z.m.}$. При его воздействии горизонтальное перемещение I_3 в уровне сопряжения с воронкой будет

$$I_3 = \frac{P_{z.m.} r^2}{2\delta E_o}. \quad (2)$$

Предположим, что такие же по величине перемещения вызваны эквивалентным горизонтальным усилием N_3 , определяемым по моментной теории оболочек [3]:

$$N_3 = 8I_3 \eta^3 D, \quad (3)$$

где $\eta = 4 \sqrt{\frac{3(1-\nu^2)}{r^2 \delta^2}}$; $D = \frac{E_o \delta^3}{12(1-\nu^2)}$; $\nu = 0,167$.

С учетом (2) формула (3) принимает вид

$$N_{\vartheta} = \frac{P_{\text{с.п.}} r^2 \delta^2 \eta^3}{3(1-\nu^2)}. \quad (4)$$

Совместная работа оболочки и кольца приводит к перераспределению эквивалентного усилия N_{ϑ} между ними (соответственно N_o и N_k). Запишем условие равновесия системы

$$N_{\vartheta} = N_o + N_k \quad (5)$$

и условие совместности деформаций

$$\frac{I_o}{r} = \frac{I_k}{r}, \quad (6)$$

где $I_o = \frac{N_o}{8\eta^3 D}$ — вынужденные перемещения оболочки; (7)

$$I_k = \frac{N_k r^2}{h_k \delta_k E_k} \text{ — то же кольца усиления.} \quad (8)$$

Совместное решение уравнений (5) и (6) с учетом (7) и (8) и принятыми обозначениями $a = h_k \delta_k \cdot E_k$ и $b = 8r^2 \eta^3 D$ дает значения усилий в оболочке:

$$N_o = N_{\vartheta} \cdot \frac{b}{a+b} \quad (9)$$

и в кольце усиления

$$N_k = N_{\vartheta} \cdot \frac{a}{a+b}. \quad (10)$$

Рассмотрим напряженно-деформированное состояние оболочки и кольца от действия горизонтальной составляющей N_{ϑ} скатного усилия воронки. Совместная их работа аналогична описанной зависимостями (5)–(10), при этом общее усилие N_{ϑ} будет равно сумме усилий, воспринимаемых оболочкой ($N_{\vartheta.o}$) и кольцом ($N_{\vartheta.k}$):

$$N_{\vartheta.o} = N_{\vartheta} \frac{b}{a+b} \text{ и } N_{\vartheta.k} = \frac{a}{a+b}, \quad (11)$$

а перемещения оболочки и кольца определяются выражением

$$\epsilon_o = \epsilon_k = N_z \frac{\kappa}{a + b}. \quad (12)$$

Отметим, что зависимости (9)–(12) получены для узла сопряжения по рис.2,а с кольцом усиления. При отсутствии кольца усиления (h_k, δ_k или $E_k = 0$) в названных зависимостях следует принять $a = 0$, тогда они будут соответствовать варианту узла сопряжения по рис.2,б.

Сжимающее кольцевое усилие в сечении оболочки (S_o) и кольца (S) можно определить с учетом суммарных деформаций ϵ от N_z и N_z :

$$\left. \begin{aligned} S_o &= \epsilon E_o A_o \\ S &= \epsilon E_k A_k \end{aligned} \right\},$$

где $\epsilon = \frac{(N_z - N_z)r}{a + b}$; A_o, A_k – соответственно площадь сечения оболочки в зоне краевого эффекта и кольца.

Проверку прочности сечения выполняем по формуле

$$S_i \leq A_i R_e + A_s' R_{sc}.$$

Изгибающий момент в сечении оболочки вдоль образующей равен

$$M = \frac{N_b}{4(a + b)\eta}. \quad (13)$$

Максимальная перерезывающая сила в этом же сечении определяется суперпозицией от горизонтального давления сыпучего материала

$$Q_c = -\frac{P_{z,u}}{4\eta}$$

и от горизонтальной составляющей N_z

$$Q_N = -\frac{N_z}{2}$$

в виде

$$Q = -\frac{1}{4\eta}(P_{z,u} + 2N_z\eta).$$

Расчет сечения стены в вертикальном направлении выполняем

как для внецентрично сжатого элемента с относительным эксцентриситетом

$$e_o = \frac{M}{N}, \text{ где } M - \text{ по формуле (13), } N - \text{ по формуле (1).}$$

Таким образом, описанная методика оценки напряженно-деформированного состояния узла крепления воронки к стенам оболочки-силоса позволяет учесть совместную работу кольца и стены как пространственной конструкции. Приведены зависимости для нахождения расчетных усилий M , N и Q в оболочке на уровне сопряжения с воронкой, условия оценки прочности оболочки и кольца на сжатие в кольцевом направлении.

1. Молодченко Г.А. Надежность сооружений силосного типа. – Харьков: ХОП НТО стройиндустрии, ХПСНИИП, 1981. – 52 с.

2. Указания по проектированию силосов для сыпучих материалов. СН 302-65. – М.: Стройиздат, 1965. – 52 с.

3. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Под ред. А.А. Уманского. – М.: Госстройиздат, 1960. – 1040 с.

Получено 19.01.2000

© Молодченко Г.А., 2000

УДК 624.012:624.04

Р.А.МІЩЕНКО

Полтавський державний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ЦЕГЛЯНИХ СТІН

Наведено результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану фрагментів багатошарової цегляної кладки із жорсткими і гнучкими в'язями.

Одношарові конструкції не забезпечують потрібного температурного режиму в приміщеннях, що призводить до значних витрат енергоносіїв на опалення. Багатошарові конструкції з ефективними утеплювачами дозволяють створити потрібний нормативний опір теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій і більш раціональне використання несучої здатності цегли. Удосконалення конструкцій багатошарових стін і успішне використання цегли та інших кам'яних будівельних матеріалів для житлових і громадських будівель вимагає дальшого розвитку методів розрахунку кам'яних конструкцій.

У спільній роботі окремих шарів, складових багатошарової кладки маловивченими є такі питання: розміщення та вплив виду в'язей, характер їх руйнування; несуча здатність стінки при центральному й позацентровому навантаженні; деформативність шарів і в'язей. Для до-